

**Efectividad de tres ureas comerciales  
aplicadas en forma superficial e incorporada  
en el híbrido de maíz HAZ 1**

**Ronald Romeo Tzi Cac  
Javier Dionisio Asan Bonilla**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2012



ZAMORANO  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

# **Efectividad de tres ureas comerciales aplicadas en forma superficial e incorporada en el híbrido de maíz HAZ 1**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Ronald Romeo Tzi Cac**  
**Javier Dionisio Asan Bonilla**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2012

# **Efectividad de tres ureas comerciales aplicadas en forma superficial e incorporada en el híbrido de maíz HAZ 1**

Presentado por:

Ronald Romeo Tzi Cac  
Javier Dionisio Asan Bonilla

Aprobado:

---

Renán Pineda, Ph.D.  
Asesor principal

---

Abel Gernat, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y Producción  
Agropecuaria

---

Ing. Gloria Arévalo de Gauggel, M. Sc.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

---

Juan Carlos Rosas, Ph.D.  
Asesor

## RESUMEN

Asan Bonilla, J.D. y R.R. Tzi Cac. 2012. Efectividad de tres ureas comerciales aplicadas en forma superficial e incorporada en el híbrido de maíz HAZ 1. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 20 p.

El nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis de clorofila, es parte importante de ADN y ARN, además participa en la formación de proteínas y moléculas energéticas. Una fuente principal de este nutriente son las ureas comerciales. El principal problema que se tiene al aplicar la urea convencional en forma superficial es que se tienen pérdidas significativas de nitrógeno en forma de gas amoníaco. Con el propósito de reducir pérdidas de nitrógeno cuando se realizan las aplicaciones de urea, se plantea el presente estudio para determinar la efectividad de tres ureas comerciales aplicadas en forma superficial e incorporada y su influencia en el comportamiento agronómico y productivo del híbrido de maíz HAZ 1. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta y diámetro a la base del tallo, longitud y ancho de la hoja. También se analizaron, el diámetro, longitud y peso de la mazorca, y el peso del grano para determinar diferencias en rendimiento. Se utilizó un diseño estadístico en bloques completos al azar con arreglo factorial de  $3 \times 2$ , con siete repeticiones; siendo un factor, los tres tipos de ureas y el otro factor los dos métodos de aplicación. Las medias se separaron con la prueba de DMS al 5%. Se encontró un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) de las ureas comerciales sobre la altura de la planta. La urea de liberación lenta Agrocote presentó la mayor altura de planta seguida de urea convencional y Nitro-Xtend con agrotain ( $P < 0.05$ ). No se observaron diferencias significativas en el diámetro a la base del tallo. Se encontró un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) de las ureas sobre la longitud de la hoja; Nitro-Xtend con Agrotain produjo plantas con hojas más pequeñas.

**Palabras claves:** Altura, diámetro a la base del tallo, productividad, rendimiento volatilización.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos .....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>13</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>6 LITERATURA CITADA .....</b>	<b>15</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>18</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Resultados e interpretación de análisis de suelo del lote llamado, lote departamento de protección vegetal (DPV), Zamorano, Honduras.....	6
2. Requerimientos de nutrientes del cultivo de maíz (kg/t de grano) .....	6
3. Probabilidades de las variables agronómicas y de rendimiento evaluadas en el híbrido de maíz HAZ-1 en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). El Zamorano, Honduras.....	8
4. Medias de las variables agronómicas y de rendimientos evaluadas en el híbrido de maíz HAZ-1 en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). Zamorano, Honduras.....	9
Figuras	Página
1. Efecto de las ureas sobre la altura del híbrido de maíz HAZ 1, a los 62 días, en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). Zamorano, Honduras.....	10
2. Efecto del método de aplicación de diferentes ureas en el diámetro a la base del tallo del híbrido de maíz HAZ 1, a los 62 días, en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). Zamorano, Honduras.....	11
3. Efecto de ureas sobre largo de hoja del híbrido de maíz HAZ 1, a los 67 días en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). Zamorano, Honduras.....	12
4. Efecto de ureas sobre el rendimiento del híbrido de maíz HAZ 1 a una humedad de 12%, en Zamorano, Honduras.....	12
Anexos	Página
1. Diseño de un bloque en campo.....	18
2. Diseño de la unidad experimental.....	18
3. Cálculos de cantidad de fertilizante DAP y ureas utilizadas.....	18
4. Grafica de Precipitación pluvial (mm), temperaturas máximas y mínimas (°C) registradas en los meses de mayo-agosto de 2012. El Zamorano, Honduras.....	19
5. Estructura de urea de liberación lenta, Agrocote.....	20
6. Esquema simplificado de la acción de la enzima ureasa .....	20



## 1. INTRODUCCIÓN

El nitrógeno es esencial en el metabolismo de la planta ya que se relaciona directamente con la producción de tallos y hojas, las cuáles absorben la luz para llevar a cabo la fotosíntesis. Por lo anterior, los fertilizantes nitrogenados tienen un gran impacto en el crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas. Existen diversos productos nitrogenados en el mercado de los fertilizantes, pero el de mayor uso debido a la presentación en forma de gránulos y fácil manejo es la urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  con un 46% de nitrógeno. La urea se presenta como un sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular y es una sustancia higroscópica que tiene la capacidad de absorber agua del ambiente.

El problema con la urea convencional es que al ser aplicada superficialmente se pueden producir pérdidas de nitrógeno mediante los procesos de volatilización, lixiviación, escorrentía y de-nitrificación. Según estudios realizados en Zamorano, Honduras se han encontrado pérdidas de 19.3% de nitrógeno en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) al usarse urea convencional (Aguilar 2009). De la misma manera se ha encontrado que el método de aplicación influye significativamente en las pérdidas de N: Según estudios realizados se ha encontrado que más del 40% del N aplicado se pierde en forma de amoníaco al aplicar la urea superficialmente y que solamente el 10% se pierde cuando se aplicó incorporada (Lara *et al.* 1999). Estas pérdidas reducen el porcentaje de absorción del nitrógeno reflejándose en una disminución en el desarrollo de los tejidos de la planta.

Con el objetivo de comparar la efectividad de ureas que tienen el supuesto beneficio de mayor aprovechamiento del nitrógeno con respecto a la urea convencional, se evaluaron dos ureas comerciales en adición a la urea convencional. Una urea de liberación lenta llamada comercialmente Agrocote y la urea llamada Nitro-Xtend conteniendo Agrotain. Agrocote, con 39% de nitrógeno se presenta recubierta por dos capas, una capa interna de azufre y una doble capa externa de polímeros que controlan la solubilidad y liberación de la molécula de urea hacia el suelo, y al mismo tiempo permite una nutrición continua por el periodo de longevidad que es de 2 a 3 meses (Scotts 2008). También se ha encontrado que utilizando Agrocote combinado con fertilizantes convencionales se reduce la dosis de fertilización y la frecuencia de aplicación, y que dependiendo del cultivo y de las condiciones ambientales, se ha alcanzado una reducción de dosis de fertilización entre el 25% al 50% (Everris 2010). Con este producto se puede reducir el riesgo de lixiviación, escorrentía y volatilización y por lo tanto se reducen los costos de insumos y al mismo tiempo se mejora el rendimiento del cultivo debido a que el nitrógeno está disponible. Nitro-Xtend es una urea con 40% de nitrógeno que contiene un inhibidor (Agrotain), el cual disminuye las pérdidas por volatilización ya que inhibe la acción de ureasa, que es una enzima producida por las bacterias del suelo, facilitando la hidrólisis de la molécula de la urea, convirtiéndola en dióxido de carbono y amoníaco.

**Antecedentes.** Estudios sobre pérdidas de nitrógeno después de aplicar urea y Nitro-Xtend, se encontró que el 62.3% de nitrógeno aplicado se perdió como amoníaco con urea convencional sin incorporar; mientras que, utilizando Nitro-Xtend solamente se perdió el 12.2% de nitrógeno (Cantarella 2003). La fortaleza de este producto es inhibir la acción de la ureasa que facilita la hidrólisis de la molécula de la urea.

**Definición del problema.** Importantes pérdidas económicas se producen con la aplicación superficial de urea convencional como fertilizante nitrogenado. Estas pérdidas de nitrógeno reducen la absorción de dicho nutriente lo cual afecta el potencial de rendimiento de la planta. Una de las supuestas soluciones a este problema es la utilización de ureas de liberación lenta que hacen que el nitrógeno permanezca protegido cierto periodo de tiempo, aproximadamente 2 a 3 meses, y luego se libere lentamente para ser aprovechado en sus formas disponibles para la planta, como Amonio ( $\text{NH}_4$ ) o nitrato ( $\text{NO}_3$ ) en las etapas de mayor demanda.

**Justificación del estudio.** Existen estudios sobre cada una de las ureas utilizadas por separado; pero no existe un estudio en donde se compare las tres ureas aplicadas en forma superficial e incorporada en el maíz híbrido HAZ 1.

**Revisión de literatura.** El maíz pertenece a la familia de las Poaceas, (antes Gramineas). Es una planta anual, monocotiledónea, monoica, con flores masculinas o panicula y flores femeninas en jilotes laterales (la floración masculina ocurre normalmente uno o dos días antes que la femenina) granos en hileras incrustados en el olote, mazorca en su totalidad cubierta por hojas. El fruto es llamado cariopsis, conteniendo una sola semilla (Corado 2009). El maíz es uno de los cereales que posee mayor capacidad de producción debido a que es una planta C4, que es más eficiente en la producción de materia seca por área, por esta razón es el cultivo mas importante en la alimentación humana y animal. Por los miles de años de domesticación, selección y mejoramiento se ha adquirido una diversidad genética que permite al maíz tener una amplia adaptación a diversos tipos de condiciones climáticas y edáficas. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm y en regiones con precipitaciones entre 400 y 1500 mm/año (Reyes 2008).

Existen variedades de maíz de polinización abierta que son plantas que tienen características en común que las diferencia de otras variedades. Su principal característica es su alta heterocigocidad y su alta variabilidad genética, debido a que en el campo hay una combinación libre de los genes por la polinización cruzada entre las plantas. De estas se desarrollan las líneas puras que reúnen características que el fitomejorador desea. Existen también los híbridos de maíz que se desarrollan a partir de una cruce de líneas puras reproducidas por autofecundación; estos tienen un mayor potencial de rendimiento que las variedades de polinización abierta por el vigor híbrido que se muestra en la descendencia de la cruce. Estos híbridos se desarrollan a partir de diferentes cruces denominadas cruce simple ( $A \times B$ ), cruce doble  $(A \times B) \times (C \times D)$  y cruce triple  $(A \times B) \times C$ . El maíz utilizado para el experimento es un híbrido triple resultado de una cruce

simple con una línea pura. Con este híbrido se pueden obtener entre 6.39 y 8.52 t/ha de maíz (Alvarado 2004).

El único método artificial para proveer nutrientes a las plantas es través de los fertilizantes para el adecuado desarrollo vegetativo. Durante las primeras etapas de la planta la cantidad de nutrientes que toma es pequeña, pero es indispensable que la cantidad sea la apropiada para el desarrollo posterior del cultivo (Villaseca 2001). Los fertilizantes pueden ser aplicados en muchas formas ya que actualmente existen diversas presentaciones comerciales en el mercado, formulas liquidas, solidas (gránulos) y gaseosas. El nitrógeno como nutriente indispensable para el crecimiento vegetativo puede provenir de diferentes fuentes de fertilizantes. Las presentaciones mas destacadas son Amonio anhídrido (82% N), Urea (46% N), Nitrato de amonio (33.5% N), Sulfato de amonio (20.5% N), Nitrato de sodio (16% N) y Nitrato de calcio (15.5% N) (Samuel 1975). La presentación más usada es la urea por su facilidad de aplicación, disponibilidad casi inmediata del nutrimento para la planta, facilidad para conseguirla y alta solubilidad. Uno de los principales problemas que se presenta con el uso de la urea en el campo son las reacciones con el suelo; las cuales producen acidificación del suelo ya que se liberan iones de  $H^+$ , afectando directamente la máxima disponibilidad de los otros nutrientes (Yunes 1998).

La importancia de este nutriente en el desarrollo vegetal es que forma parte importante de los aminoácidos, proteínas y enzimas que controlan todos los procesos biológicos de las células. Entre sus funciones más importante podemos mencionar que forma parte de las moléculas de clorofila, síntesis de proteínas, formación de carbohidratos y promueve la formación de flores y frutos (Sandoval 2001). Los suelos agrícolas desprotegidos y bajo condiciones ambientales adversas, sufren perdidas millonarias de nutrientes debido a la erosión. La eficiencia del nitrógeno es muy baja (aproximadamente 20%) ya que es un elemento muy móvil en el suelo, es por eso que a través de lixiviación, escorrentía, volatilización y de-nitrificación se pierde en mayor proporción que los demás nutrientes (Villaseca 2001). Se ha determinado que entre 25 y 50 % del N aplicado como fertilizante se pierde en cualquiera de las formas antes indicadas (Haro 1998). La urea es convertida en nitrato ( $NO_3^-$ ) o iones de amonio ( $NH_4^+$ ), ya sea químicamente o por la enzima ureasa la cual se encuentra en el suelo producto de las bacterias descomponedores. A pesar de ser los nitratos ( $NO_3^-$ ) la forma mas disponible como fuente de N para las plantas, no se debe dejar detrás la importancia que tiene los iones de amonio ( $NH_4^+$ ) en las plantas ya que muchas especies de plantas reaccionan de forma positiva a este radical (Haro 1998).

El nitrógeno por ser un nutriente tan móvil y soluble presenta problemas de disponibilidad en el suelo para las plantas. Este problema esta relacionado con tres factores la inmovilización, volatilización y mineralización. La inmovilización es causada por microorganismos que absorben rápidamente las distintas formas del nitrógeno como nitratos ( $NO_3^-$ ) y amonio ( $NH_4^+$ ), para poder descomponer los residuos del cultivo y otras materias orgánicas. Mientras los microorganismos usan el nitrógeno, este no está disponible para su absorción por las plantas, hasta el momento en que la materia orgánica es descompuesta, los microorganismos mueren y el nitrógeno es nuevamente liberado (FAO 2005). La mineralización es el proceso por el cual el nitrógeno orgánico de los

aminoácidos o proteínas es transformado por los microorganismos en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y después en nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ):



Debido a que el proceso de mineralización en los primeros años es lento, el nitrógeno para el crecimiento de la planta debe ser aplicado en forma adicional, como fertilizante (FAO 2005).

Volatilización: En el caso de la distribución de urea durante períodos muy húmedos o en suelos muy húmedos, se convierte rápidamente en amoníaco por la acción de una enzima natural (ureasa). Una parte del amoníaco es transformado en amonio y permanece en la solución del suelo, mientras que la otra parte desaparece directamente en la atmósfera (volatilización) y no es utilizado para el crecimiento de la planta (FAO 2005).



El objetivo del estudio fue comparar la efectividad de tres ureas comerciales aplicadas de forma superficial e incorporada a través de la evaluación de variables agronómicas y de rendimiento del híbrido de maíz HAZ 1.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El estudio se realizó entre mayo y agosto del 2012, en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada a 32 Km de Tegucigalpa, Honduras, a una altura de 800 msnm, con una precipitación promedio anual de 1,100 mm y temperatura promedio anual de 24 °C.

**Descripción del experimento.** El área experimental fue de 20 × 20 m. El híbrido de maíz Haz 1 se sembró a un distanciamiento de 0.17 m entre planta y 0.8 m entre camas, a una densidad de 74, 000 plantas/ha. Se dejaron tres hileras bordes en cada extremo del experimento para evitar el efecto borde. El área de las unidades experimentales fue de 0.8 × 5 m que estaba compuesta por una hilera borde y una hilera con el tratamiento aplicado. Las unidades de muestreo fueron ocho plantas/tratamiento.

**Labores de cultivo.** Se realizaron aplicaciones de Lorsban 4 EC (Clorpirifos) a una dosis de 1.5 L/ha para controlar gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y Decis 2.5 EC (Deltametrina) a una dosis de 0.475 L/ha para el control de tortuguilla (*Diabrotica* spp.) en los primeros estadios del cultivo. En los días de baja o nula precipitación se suministro riego por goteo. Se realizo el control manual de malezas; así mismo se realizo la labor de aporque para cubrir las raíces y evitar el acame por efecto del viento, aunque dicha labor no fue suficiente ya se presentó un 30 % de acame por efecto del viento y altura de la planta, principalmente en las líneas bordes.

**Fertilización.** El análisis de suelo determinó que el nitrógeno y fósforo se encontraban en niveles bajos (Cuadro 1). Se aplicó fertilizante DAP (18-46-0) a chorro corrido durante la siembra a una dosis de 151.67 Kg/ha para cubrir todo el requerimiento de fósforo y parte del nitrógeno.

Cuadro 1. Resultados e interpretación de análisis de suelo del lote llamado departamento de protección vegetal (DPV), Zamorano, Honduras.

Análisis	Cantidad	Interpretación
pH	5.83	Moderadamente Ácido
Materia Orgánica	2.67%	Medio
N Total	0.13%	Bajo
Fósforo	11 ppm	Bajo
Potasio	544 ppm	Alto

Fuente: Laboratorio de Suelos de Zamorano, Honduras.

Cuadro 2 Requerimientos de nutrientes del cultivo de maíz (kg/t de grano).

Elemento	Requerimiento nutricional (Kg/t)
N	25
P	5
K	30

Fuente: Bertsch (2003).

A los 17 días después de la siembra se aplicaron los tratamientos que fueron los tres tipos de urea, la convencional (Testigo), urea de liberación lenta Agrocote y Nitro-Xtend con Agrotain. Se aplicó 122.5 Kg/ha de nitrógeno para suplir el resto del requerimiento total. Se suplieron 40.90 Kg de nitrógeno con cada una de las ureas. Se aplicaron 88.91 Kg/ha de urea convencional, 104.87 Kg/ha de Agrocote y 102.25 Kg/ha de Nitro-Xtend.

**Variables agronómicas medidas.** Las variables agronómicas analizadas fueron: altura de la planta y diámetro a la base del tallo, las cuales se midieron en la etapa (VT50). Este estadio ocurre cuando el 50 % de las plantas se encuentran en antesis masculina ya que después de esta etapa la planta no presenta ningún incremento significativo de crecimiento vegetativo (Fallas *et al.* 2011). La longitud y ancho de hoja se midió al final de la etapa donde los estigmas son visibles, están receptivos y tienen aproximadamente tres pulgadas de largo (R1) ya que en esta etapa se estabiliza la producción de material vegetativo en este caso peso seco del follaje (Fallas *et al.* 2011). Cada etapa específica se definió solamente cuando el 50 por ciento o más de las plantas estaban en esa etapa. La altura se midió desde el nivel del suelo hasta la base del raquis de la panícula. El diámetro a la base del tallo se midió en el primer nudo de la planta. Para medir la longitud y ancho de la hoja, se muestreo la hoja del nudo superior inmediato a la mazorca. El largo se midió desde la base de la hoja hasta la punta de la misma, y el ancho se midió a la mitad de la hoja.

**Variables de rendimiento medidas.** Las variables de rendimiento analizadas a madurez fisiológica (final del ciclo de desarrollo del cultivo) fueron: diámetro de la mazorca,

longitud y peso de la mazorca y el peso de los granos al 12% de humedad para determinar rendimiento. El indicativo de madurez fisiológica fue la capa negra en la base del grano y muestreos de humedad realizados al azar hasta obtener una humedad de 35% (Acevedo 2004), El largo de la mazorca se midió utilizando una cinta métrica, el diámetro de la mazorca se midió al centro de la misma con la ayuda de un pie de rey, el peso de la mazorca y el peso de los granos se midieron con una balanza electrónica.

El contenido de humedad de una muestra compuesta por los granos de las ocho mazorcas de cada tratamiento fue utilizado para estandarizar al 12% el peso de los granos usados para determinar las diferencias de peso de los granos provenientes de los diferentes tratamientos. Se utilizó la siguiente fórmula.

$$\text{————— [1]}$$

Donde:

Pf= Peso final

Pi= Peso inicial

Hi= Humedad inicial

Hf= Humedad final

### **Hipótesis.**

$H_0$ = no existe diferencia significativa entre tratamientos en cada una de las variables evaluadas.

$H_A$ = Existen diferencias significativas de los tratamientos en al menos una de las variables evaluadas.

**Diseño experimental.** Se utilizó un diseño estadístico de bloques completamente al azar (BCA) con un arreglo factorial de  $3 \times 2$ , con siete repeticiones, para un total de 42 unidades experimentales. Siendo un factor los tres tipos de urea (convencional, urea de liberación lenta Agrocote y Nitro-Xtend con agrotain) y el otro factor los dos métodos de aplicación (superficial e incorporado).

**Análisis estadístico.** Se utilizó un análisis para estimar diferencias entre los tratamientos con una probabilidad ( $P \leq 0.05$ ). Se realizó una separación de medias con la prueba de medias, Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% de probabilidad ( $P \leq 0.05$ ). Para realizar estos análisis se utilizó el Sistema de Análisis Estadístico (SAS).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró un efecto significativo de las ureas comerciales en la altura de la planta y longitud de la hoja del híbrido de maíz HAZ 1 (Cuadro 3). Además, no se observaron diferencias en el peso del grano, diámetro y longitud de la mazorca, bajo ningún método de aplicación.

Cuadro 3. Probabilidades de las variables agronómicas y de rendimiento evaluadas en el híbrido de maíz HAZ 1 en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). El Zamorano, Honduras.

Fuente	Probabilidades											
	Variables agronomicas								Variables de rendimiento			
	Altura	DBT	Lh	Ah	PG	PM	DM	LM				
Bloque	0.01 **	0.32 ns	0.61 ns	0.82 ns	0.70 ns	0.61 ns	0.46 ns	0.54 ns				
Ureas	0.01 **	0.48 ns	0.01 **	0.64 ns	0.30 ns	0.31 ns	0.44 ns	0.80 ns				
Metodo	0.51 ns	0.94 ns	0.75 ns	0.26 ns	0.16 ns	0.25 ns	0.14 ns	0.23 ns				
Ureas×Metodo	0.13 ns	0.07 ns	0.10 ns	0.10 ns	0.26 ns	0.28 ns	0.14 ns	0.11 ns				
CV %	5.62	4.96	2.86	4.80	14.23	12.61	3.33	5.79				
R <sup>2</sup>	0.67	0.32	0.39	0.25	0.27	0.26	0.31	0.28				

Los valores (\*\*) son altamente significativos a  $P < 0.05$  y (ns) no son significativos.

DBT= Diámetro a la Base del Tallo; Lh= Largo de hoja; Ah; Ancho de hoja PG= Peso del grano; PM= Peso Mazorca; DM= Diámetro Mazorca; LM=Longitud mazorca

**Efecto en variables agronómicas.** La aplicación de la urea de liberación lenta Agrocote presentó una mayor altura de la planta, seguida de urea convencional y Nitro-Xtend (Cuadro 4), (figura 1). La diferencia de altura en las plantas fertilizadas con Agrocote con respecto a la urea convencional y Nitro-Xtend pudo haber sido influenciada por altas precipitaciones ocurridas diariamente y que duraron varias semanas (anexo 4). El exceso de lluvias frecuentes podría haber causado pérdidas de nitrógeno en las ureas convencional y Nitro-xtend por lixiviación y escorrentía. El proceso de liberación controlada de Agrocote podría haber dado una protección a la urea en los periodos de mayor precipitación ya que posee un recubrimiento externo de polímero y uno interno de azufre con un núcleo de nitrógeno (anexo 5). Esta condición pudo haber causado una mayor utilización del nitrógeno, aun bajo las condiciones adversas de lluvia.

Cuadro 4. Medias de las variables agronómicas y de rendimientos evaluadas en el híbrido de maíz HAZ 1 en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). El Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Separación de medias utilizando DMS															
	Variables agronomicas				Variables de rendimiento											
	Altura (m)	DBT (mm)	Ah (cm)	Lh (cm)	PG (g)	PM (g)	DM (mm)	LM (cm)								
<b>Ureas</b>																
Urea de liberacion lenta (Agrocote)	2.61	a	23.97	a	10.35	a	102.65	a	144.36	a	248.85	a	50.60	a	16.96	a
Urea Nitro-Xtend	2.44	b	24.19	a	10.53	a	100.33	b	137.20	a	235.09	a	49.80	a	16.73	a
Urea Convencional	2.49	b	23.64	a	10.47	a	103.75	a	132.73	a	232.39	a	50.10	a	16.76	a
Probabilidad	0.01		0.47		0.63		0.01		0.30		0.31		0.44		0.79	
<b>Método de aplicación</b>																
Superficial	2.53	a	23.92	a	10.36	a	102.10	a	133.71	a	244.28	a	49.77	a	16.63	a
Incorporada	2.50	a	23.95	a	10.54	a	102.39	a	142.47	a	233.27	a	50.56	a	17.00	a
Probabilidad	0.51		0.93		0.26		0.74		0.15		0.24		0.13		0.22	
<b>Interacciones</b>																
Agrocote Superficial	2.68	a	24.42	a	10.38	a	101.09	a	145.56	a	250.26	a	50.89	a	17.13	a
Agrocote Incorporado	2.54	ab	23.53	a	10.32	a	104.20	a	143.15	a	247.43	a	50.32	a	16.79	a
Nitro-Xtend Superficial	2.39	ab	23.58	a	10.19	a	100.97	a	126.02	a	218.95	a	49.34	a	16.12	a
Nitro-Xtend Incorporado	2.48	b	24.79	a	10.86	ab	99.69	ab	148.38	ab	251.23	a	50.26	a	17.35	ab
Urea convencional Superficial	2.51	b	23.76	a	10.51	a	104.23	a	129.55	a	230.60	a	49.09	a	16.65	a
Urea convencional Incorporado	2.47	b	23.53	a	10.43	a	103.27	a	135.89	a	234.18	a	51.10	ab	16.87	a
Probabilidad	0.13		0.07		0.09		0.10		0.25		0.27		0.14		0.11	

Medias con letras iguales en la misma columna no difieren entre si ( $P < 0.05$ )

DBT= Diametro a la Base del Tallo; Lh= Largo de hoja; Ah; Ancho de hoja PG= Peso del grano; PM= Peso Mazorca; DM= Diametro Mazorca; LM=Longitud mazorca

Los resultados encontrados por Perez y Hernandez (1996) confirman la efectividad de Agrocote en el cultivo de caña de azúcar bajo condiciones de altas precipitaciones y durante la época seca del año ya que determinaron que la fertilización con Agrocote dio rendimientos de caña similares o más altos que con los fertilizantes convencionales, pero con dosis de fertilizantes más reducidas. Bajo estas condiciones, con Agrocote fue posible reducir la mitad de la dosis de la recomendación sin merma en el rendimiento de caña.

La variable altura de la planta se puede ver afectada significativamente por las ureas, ya que bajo estudios en el cultivo de maíz bajo tres formas de aplicación y dos fuentes nitrogenadas se han encontrado diferencias significativas (Marcano y Ohep 1996). Estos mismos autores evaluaron variables de rendimiento como longitud, diámetro y peso de la mazorca, y peso del grano al 12% de humedad.

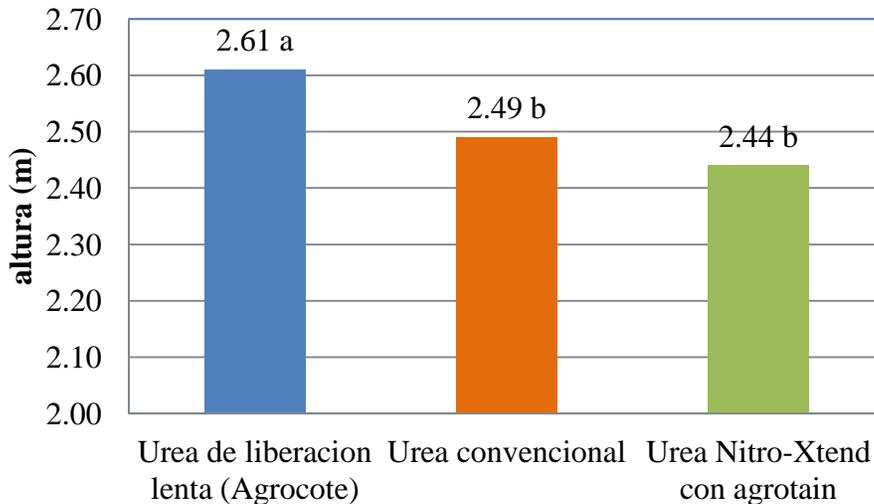


Figura 1. Efecto de las ureas sobre la altura del híbrido de maíz HAZ 1, a los 62 días, en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). Zamorano, Honduras.

El diámetro a la base del tallo (DBT) en maíz tiene alta correlación con los parámetros de rendimiento incluidos en este estudio (Martínez *et al.* 2010). En el híbrido HAZ 1, el DBT no fue significativo al 5 % de probabilidad, sin embargo, mostro una tendencia a incrementar el grosor del tallo cuando la urea Nitro-Xtend se aplicó incorporada en banda, alcanzando un diámetro promedio de 24.8 mm. Opuestamente, la aplicación de la urea de liberación lenta Agrocote y la urea convencional, incorporadas o superficial, no causaron un incremento en el grosor del tallo alcanzando diámetros menores (Figura 2). Cuando se utilizan fertilizantes que contienen urea en su formulación se puede suponer que la ventaja de Nitro-Xtend incorporado sobre las demás ureas comerciales es que hay mayor disponibilidad de nitrógeno en los periodos más demandantes del cultivo, esto se atribuye al uso del nitrógeno por la planta en el diámetro a la base del tallo. Además según (Fallas *et al.* 2011) las aplicaciones de N deben realizarse en etapas iniciales del ciclo de desarrollo del cultivo, ya que después de los 59 DDS (V12-VT o 811 GDT) la demanda o absorción de nutrimentos es menor. Algunos autores al igual que este estudio, no encontraron diferencias significativas en los métodos de aplicación de las ureas. En el cultivo de arroz, bajo siembra de secano y con varios niveles de nitrógeno en aplicación profunda y al voleo mecanizado, (Renán 2011) encontró que los métodos de aplicación de las ureas fueron estadísticamente iguales.

Aunque los resultados de este estudio con relación a los métodos de aplicación no fueron significativamente diferentes en la mayoría de la ureas, algunos autores muestran diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) de pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco al aplicarlas de manera superficial; además, determinaron que cuando la urea fue incorporada, las pérdidas por volatilización fueron inferiores al 1%, siendo esta una práctica eficiente para reducir dichas pérdidas, Barbieri *et al.* (2003).

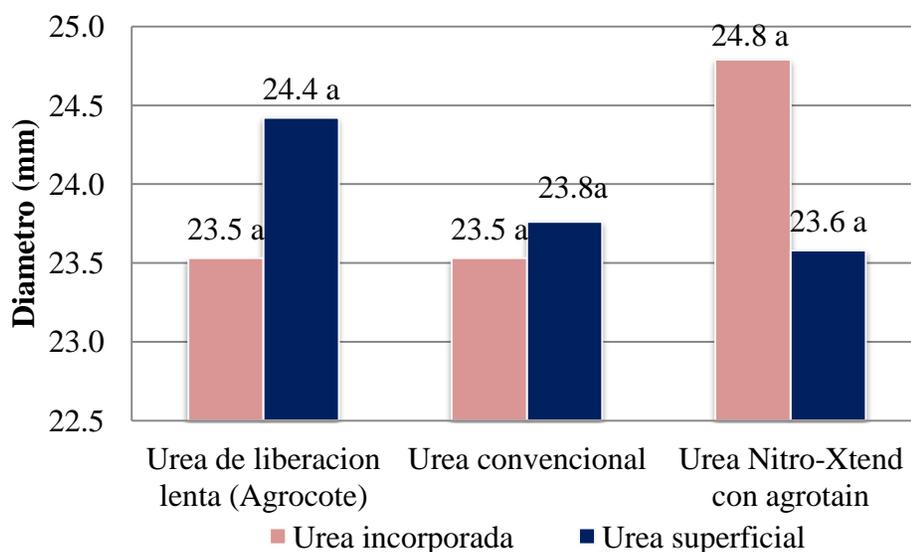


Figura 2. Efecto del método de aplicación de diferentes ureas en el diámetro a la base del tallo del híbrido de maíz HAZ 1, a los 62 días, en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). Zamorano, Honduras.

El ancho y largo de la hoja independientemente son aspectos que también correlacionan en el crecimiento de la planta y por ende con el rendimiento (Martínez *et al.* 2010). A pesar que para la variable ancho de la hoja ninguna urea causó diferencias significativas, el largo de la hoja fue significativamente menor, cuando se aplicó Nitro-Xtend. Agrocote y urea convencional causaron una mayor longitud de hoja sin diferencia significativa entre estas dos (Figura 3). El largo de la hoja alcanzado con urea convencional en comparación con la urea de liberación lenta Agrocote y Nitro-Xtend se atribuye a la disponibilidad casi inmediata del nutriente para la planta y alta solubilidad (Yunes 1998). Además se encontró que la absorción de N en el híbrido HC-57 está definida según las etapas fenológicas, es decir hasta antes de los 59 DDS (VT) la planta absorbe la mayor cantidad del elemento. El 80% del total requerido en su ciclo de desarrollo corresponde a lo absorbido en esta etapa y es consumido principalmente por el follaje ya que termina su crecimiento vegetativo e inicia el crecimiento reproductivo (Fallas *et al.* 2011).

En síntesis, Nitro-Xtend produjo plantas más pequeñas, con hojas menos largas, que las otras ureas, por consiguiente es posible deducir que Nitro-Xtend mantiene una tasa de crecimiento foliar menor a las otras ureas durante el periodo diferenciación. .

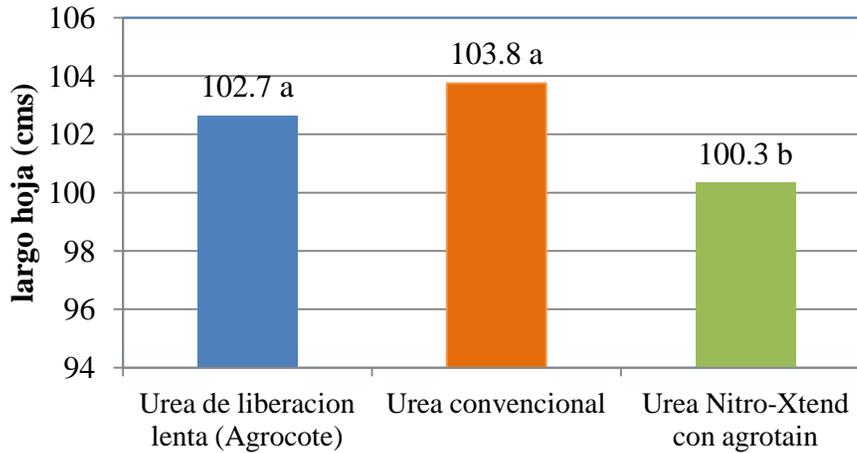


Figura 3. Efecto de ureas sobre largo de hoja del híbrido de maíz HAZ 1, a los 67 días en el lote del departamento de protección vegetal (DPV). Zamorano, Honduras.

**Efecto en variables de rendimiento.** Aunque no hubo diferencias significativas en rendimiento, se encontró que el peso de los granos obtenido después del tratamiento con Agrocote resulto en una diferencia de 5.21 % con respecto a Nitro-Xtend y 8.76 % con relación a la urea convencional (Figura 4). Esta diferencia, aunque estadísticamente no es significativa, permite formular la pregunta, si bajo condiciones diferentes Agrocote pudiera ser superior o no a las otras ureas bajo esta variable. Agronómicamente 8.76 % en rendimiento representan 860 Kg/ha de maíz. Adicionalmente, aunque el método de aplicación no tuvo un efecto significativo en el rendimiento, agronómicamente se encontró que con el método de aplicación incorporado se obtuvo 650 Kg/ha mas de grano de maíz en comparación al método de aplicación superficial.

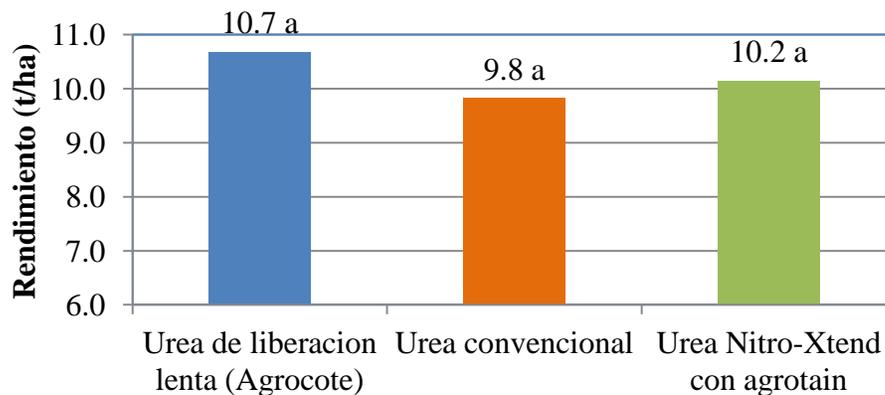


Figura 4. Efecto de ureas sobre el rendimiento del híbrido de maíz HAZ 1 a una humedad de 12%, en Zamorano, Honduras.

#### **4. CONCLUSIONES**

- La aplicación de la urea de liberación lenta, Agrocote, mostró un efecto sobre la altura de la planta resultando en una mayor altura comparándola con las ureas Nitro-Xtend y convencional.
- Nitro-Xtend produjo plantas con menor largo de la hoja, pero no tuvo efecto en el rendimiento.
- La aplicación de cualquiera de las ureas evaluadas no causó ningún cambio significativo en las variables de rendimiento.
- El método de aplicación de las ureas no presentó un efecto en ninguna de las variables evaluadas.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Conducir un estudio similar que incluya las tres ureas utilizadas en este estudio pero aplicadas bajo condiciones de riego o verano.
- Aplicar urea de liberación lenta Agrocote en forma superficial bajo las condiciones de Zamorano en la época lluviosa.
- Comparar el híbrido de maíz HAZ 1 y otros híbridos convencionales para evaluar la respuesta de diferentes materiales bajo condiciones de riego en verano.
- Conducir otro experimento para determinar si a diferentes dosis de cada producto se mantienen los resultados encontrados en el presente estudio.

## 6. LITERATURA CITADA

Acevedo, E. 2005. FISIOLÓGÍA DEL RENDIMIENTO MAIZ (en línea). Consultado el 07 de Julio del 2012. Disponible en: [http://www.sap.uchile.cl/descargas/fisiogenetica/Fisiologia\\_del\\_rendimiento\\_maiz.pdf](http://www.sap.uchile.cl/descargas/fisiogenetica/Fisiologia_del_rendimiento_maiz.pdf)

Alvarado, L. 2004. Propuesta de liberación del Híbrido “HAZ 1” y la variedad “Tuxpeño” de maíz. Escuela agrícola Panamericana Zamorano. Tegucigalpa, Honduras, 13 p.

Barahona, F. 2000. Caracterización detallada de los suelos de San Nicolás y prácticas recomendadas para el uso sostenible. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 45 p.

Barbieri, P.A; H.E. Echeverría; H.R. Sainz Rozas. 2010. Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: perdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. Ciencia del Suelo 28(1): 57-66, 2010.

Bertsch, F. 2005. Estudio de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización (en línea). Consultado el 07 de Julio del 2012. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/\\$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+apoyo.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+apoyo.pdf)

Brito Vera, J.C. y E.E. Corado Cano. 2009. Desarrollo de un instrumento de diagnostico visual para la optimización del uso de nitrógeno en maíz (*Zea mays*): Principios basados en el medidor de clorofila SPAD y la intensidad de verde. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Administracion de Agronegocios. Zamorano, Honduras. 60 p.

DISAGRO 2011. Mayor Aprovechamiento del Nitrógeno (en línea). Consultado el 07 de Julio del 2011. Disponible en: [http://www.caneros.org.mx/site\\_caneros/descargas/pleno\\_puebla/04\\_NITRO\\_XTEND\\_PUEBLA\\_MAYO2011.pdf](http://www.caneros.org.mx/site_caneros/descargas/pleno_puebla/04_NITRO_XTEND_PUEBLA_MAYO2011.pdf)

Fallas, R; F. Bertsch; C. Echandi; C. Henríquez. 2011. Caracterización del desarrollo y absorción de nutrimentos del híbrido de maíz HC-57 (en línea). Consultado el 15 de mayo del 2012. Disponible en <[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242011000200003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242011000200003&lng=es&nrm=iso)>.

EVERRIS 2010. AGROCOTE (en línea). Consultado el 05 de julio del 2012. Disponible en <http://everris.us.com/node/91>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación). 2005. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible (en línea). Consultado el 6 de Septiembre de 2012. FAO: Fertilidad de suelo. Disponible en [http://www.fao.org/ag/ca/Training\\_Materials/CD27-Spanish/cp/introduction.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/Training_Materials/CD27-Spanish/cp/introduction.pdf)

Haro, M. 1998. Efecto del enclamiento y fertilización con nitrógeno y fosforo en el rendimiento y rentabilidad del frijol común. Tesis Ing. Agro. El Zamorano, Honduras, Zamorano. 24p.

Lara Cabezas. 1999. Efecto de la forma de aplicación y de la adición conjunta de KCl a la urea y urán, en maíz en siembra directa (En línea). Consultado el 15 de mayo de 2012. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/60C19E4AE7D8BB6A06256ABF0057BC8E/\\$file/Urea+aplicada+en+la+superficie+del+suelo+un+pesimo+negocio.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/60C19E4AE7D8BB6A06256ABF0057BC8E/$file/Urea+aplicada+en+la+superficie+del+suelo+un+pesimo+negocio.pdf)

Lopez, J. 2003. Caracterización de los suelos para cultivos extensivos en el valle de El Zamorano. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 34 p.

Marcano F. y C. Ohep. 1996. Respuesta del cultivo de maíz a tres características de labranza, dos fuentes nitrogenadas y tres formas de aplicación de nitrógeno. (en línea). Consultado el 22 de Septiembre de 2012. Disponible en: [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at4701/arti/marcano\\_f.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at4701/arti/marcano_f.htm)

Martinez, M; C.R. Ortiz; C.H. Rios; R. Acosta. 2010. Análisis de las correlaciones en poblaciones cubanas de maíz (en línea). Consultado el 22 de Septiembre de 2012. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362010000200011&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362010000200011&script=sci_arttext)

Perez, O. y F. Hernandez. 2011. Evaluación de fertilizantes de liberación controlada Agrocote en cultivo de caña de azúcar (en línea). Consultado el 30 de septiembre del 2012. Disponible en <http://www.atagua.org.gt/web/wp-content/uploads/2012/02/Revista-diciembre-2011.pdf>

Rengel, M. 2004. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en maíz (en línea). Consultado el 05 de julio de 2012. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/37ADFD73C5851C83852579A30074B591/\\$FILE/Crecimiento%20y%20Din%20C3%A1mica%20de%20Acumulaci%20C3%B3n%20de%20Nutrientes%20en%20Ma%20C3%ADz.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/37ADFD73C5851C83852579A30074B591/$FILE/Crecimiento%20y%20Din%20C3%A1mica%20de%20Acumulaci%20C3%B3n%20de%20Nutrientes%20en%20Ma%20C3%ADz.pdf)

Renan, F. 2011. Estudio de varios niveles de nitrógeno aplicados con briquetas de Urea, en el cultivo de arroz en secano con siembra mecanizada en la zona de Lomas de Sargentillo. Tesis Ing. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. 5 p.

Rubio, P. 2002. Evaluación de sistemas de fertilización nitrogenada vía foliar en maíz. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 32 p.

Samuel R; O. Walter; R. Earl. 1975. Modern Corn Production . A and L Publications. Second edition. E.E.U.U. 108p.

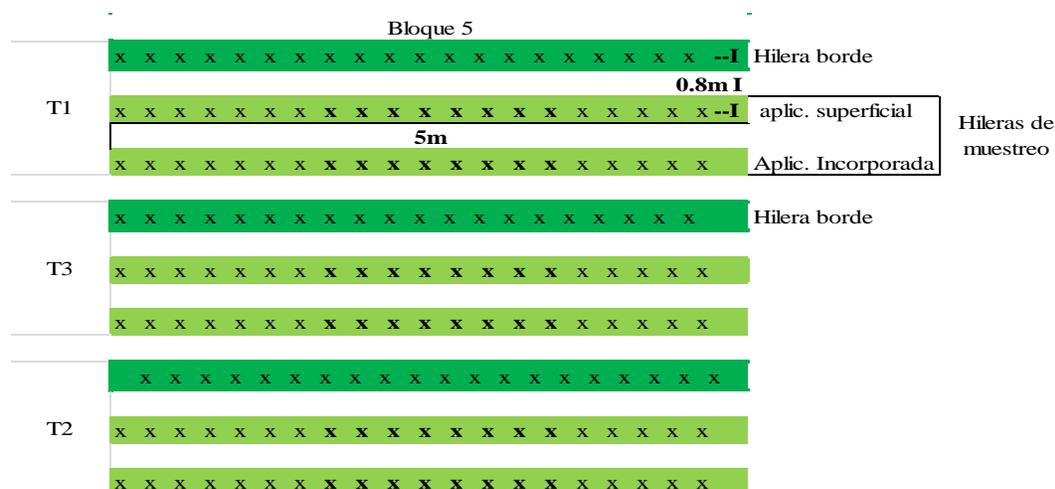
Scotts 2008. Las tecnologías de Scotts ayudan a los productores a maximizar el rendimiento del fertilizante (en línea). Consultado el 25 de octubre del 2011. Disponible en [http://everris.us.com/\\_docs/resources/spanish\\_literature/Scotts\\_Exchange\\_spanish\\_Summer08.pdf](http://everris.us.com/_docs/resources/spanish_literature/Scotts_Exchange_spanish_Summer08.pdf)

Villaseca, M. 2001. Efecto de la densidad y el nitrógeno sobre la productividad de los cultivares de maíz en El Zamorano, Honduras. Tesis de Ing. Agr., Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, 6p.

Yunes, M. 1998. Efecto de una enmienda de acción rápida con tres dosis de N y cuatro variedades de arroz en un sistema de secano. Tesis de Ing. Agr., Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, 11p.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Diseño de un bloque en campo



### Anexo 2. Diseño de la unidad experimental



### Anexo 3. Cálculos de cantidad de fertilizante DAP y ureas utilizadas.

Requerimiento de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para producir 6t/ha del Híbrido de maíz HAZ 1.

Elemento	Kg/6t/ha	P/*	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( Kg/6t/ha)
P	30	0.43	69.77

\* Constante para dividir el valor de P

Cantidad de DAP aplicado a la siembra

Fertilizante	Req. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en Kg/6t/ha	Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 Kg de DAP	Cant. a aplicar en Kg/6t/ha
(18-46-0)	69.77	46 .00	151.67

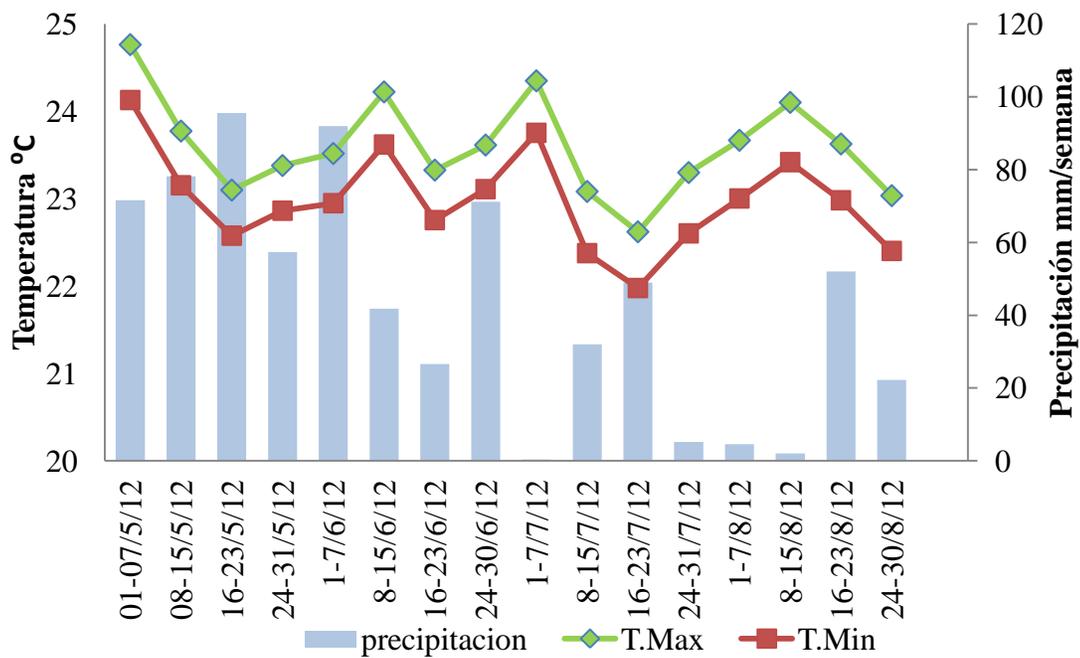
Requerimiento de nitrógeno para producir 6t/ha del híbrido de maíz HAZ 1

Elemento	kg/6t/ha	aporte N en (Kg/6t/ha) del Dap	N a suplir con ureas
N	150	27.3	122.7

Cantidad aplicada de N en Kg/6t/ha de cada Urea

Fertilizante	Req. N	Kg de N/100 Kg de UREA	Urea aplicada en Kg/6t/ha
Urea convencional	40.90	46.00	88.91
Agrocote	40.90	39.00	104.87
Nitro-Xtend	40.90	40.00	102.25

Anexo 4. Grafica de Precipitación pluvial (mm), temperaturas máximas y mínimas (°C) registradas en los meses de mayo-agosto de 2012. El Zamorano, Honduras.



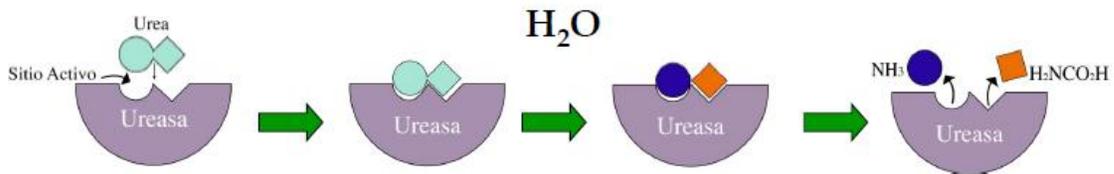
Fuente: Autores

Anexo 5. Estructura de urea de liberación lenta, Agrocote.



Fuente: Everris 2010

Anexo 6. Esquema simplificado de la acción de la enzima ureasa



Fuente: Disagro 2011